

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-137531

(43)Date of publication of application : 31.05.1996

(51)Int.Cl.

G05B 19/4068
B25J 13/08
G05B 23/02

(21)Application number : 06-278935

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 14.11.1994

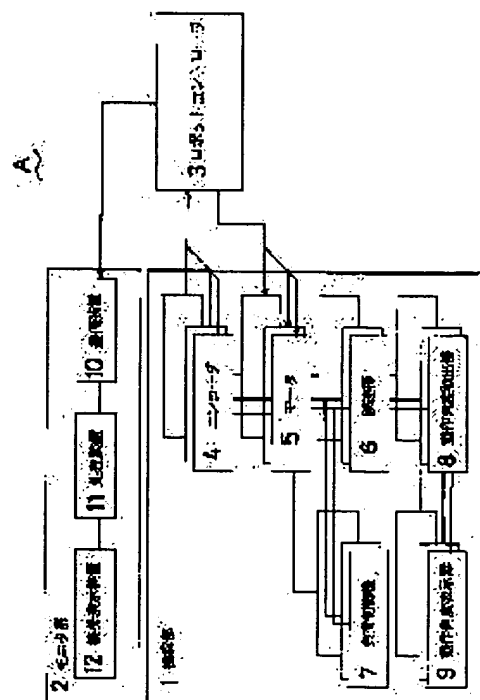
(72)Inventor : MITAMURA AKIO
TEZUKA HIROHISA
MIZUKAWA MAKOTO
MITSUYA EIJI

(54) DEVICE AND METHOD FOR TESTING OPERATING OF ROBOT CONTROL SOFTWARE

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent such operations as runaway due to a bug of a robot control software and to safely verify the operation of the software by providing a driving means composed of the motor group of characteristics similar to the respective motors of a robot operation part to be controlled.

CONSTITUTION: The motor 5 constituting the driving means of a mechanism part 1 is provided with mechanical-electrical characteristics similar to the motor of the operation part of a robot main body to be controlled. First, the program of the robot control software as a test object is read in the memory of a robot controller 3 and the device A is actuated. Based on the program, the robot controller 3 accurately operates the motor 5 of the mechanism part 1 and rotates a rotary shaft 13. Then, the value of the rotation angle of the motor 5 is displayed by an operation angle display means composed of an operation angle detector 8 and an operation angle display device 9, and by visually confirming



it, the primary operation confirmation of a high-speed abnormal operation due to the runaway of the robot main body or the like is performed.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11) 特許出願公開番号

(43)公開日 平成8年(1996)5月31日

技術表示箇所

Q

The diagram, labeled 'A', illustrates a control system architecture. It features a central horizontal bus or data path. On the left side, three rectangular blocks are connected to this path: '12 速度検出部' (Speed Detection Unit), '11 加速検出部' (Acceleration Detection Unit), and '10 位置検出部' (Position Detection Unit). On the right side, a series of blocks are connected: '9 目標位置検出部' (Target Position Detection Unit), '8 目標速度検出部' (Target Speed Detection Unit), '6 目標加速検出部' (Target Acceleration Detection Unit), '5 モータ' (Motor), '4 エンコーダ' (Encoder), and '3 ロボットコントローラ' (Robot Controller). A '2 モニタ' (Monitor) is also connected to the left side of the system. The blocks are interconnected via lines representing data or control signals.

【特許請求の範囲】

【請求項1】機構部と、ロボット制御ソフトウェアのプログラムに基づいて作動して制御信号を出力するロボットコントローラとを備え、

前記機構部は、

制御対象であるロボット本体の動作部の各モータと同様な特性のモータ群からなる駆動手段と、
当該駆動手段の各モータ回転軸の回転に伴ってその回転角を表示する動作角度表示手段と、
前記駆動手段のモータ毎に回転角のデータをロボットコントローラへ出力する位置検出手段とからなる、
ことを特徴とするロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項2】機構部と、モニタ部と、試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムに基づいて制御信号を出力するロボットコントローラとを備え、

前記機構部は、

制御対象であるロボット本体の動作部の各モータと同様な特性のモータ群からなる駆動手段と、
当該駆動手段の各モータ回転軸の回転に伴ってその回転角を表示する動作角度表示手段と、
前記駆動手段のモータ毎に回転角のデータをロボットコントローラへ出力する位置検出手段とからなり、

前記モニタ部は、

予め計算機上でロボット本体の機構データによりロボット機構モデルを構築し、当該ロボット機構モデルを前記機構部における位置検出手段の出力値に対応させて、ロボット本体の位置姿勢動作をシミュレーションする処理装置と、

前記処理装置の結果をグラフィック表示する姿勢表示装置とからなる、

ことを特徴とするロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項3】前記モニタ部は、

ロボット機構モデルによるシミュレーション動作にて、
制御対象であるロボット本体のリンク間の衝突を検出する衝突検出手段と、

当該衝突による障害要因及び障害の警告を表示する障害警告表示手段とを備えた、

ことを特徴とする、請求項2に記載のロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項4】前記モニタ部は、

ロボット機構モデルによるシミュレーション動作の際、
制御対象であるロボット本体の各リンクの座標データを数値表示する数値表示手段を備えた、

ことを特徴とする、請求項2又は3に記載のロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項5】前記モニタ部における処理装置は、

前記ロボットコントローラにオンラインで接続された、
ことを特徴とする、請求項2、3又は4に記載のロボッ

ト制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項6】前記モニタ部における姿勢表示装置は、
ロボット機構モデルのグラフィックを任意の視点方向から表示する視点移動手段を有する、

ことを特徴とする、請求項2、3、4又は5に記載のロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項7】前記機構部における駆動手段の各モータ軸は、

モータ回転に負荷を与える慣性質量を可変調整できる負荷制御機を設けた、

ことを特徴とする、請求項1、2、3、4、5又は6に記載のロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項8】前記機構部における駆動手段の各モータは、

所定の間隔で同一パネル上に配置された、

ことを特徴とする、請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載のロボット制御ソフトウェアの動作試験装置。

【請求項9】試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムをロボットコントローラのメモリに読み込ませて、

ロボット本体と同様の制御特性を有する駆動手段からなる機構系を作動させ、

動作角度表示手段にて当該駆動手段の動作角度を表示させる、

ことを特徴とするロボット制御ソフトウェアの動作試験方法。

【請求項10】試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムをロボットコントローラのメモリに読み込ませて、ロボット本体と同様の制御特性を有する駆動手段からなる機構系を作動させ、動作角度表示手段にて駆動手段の動作角度を表示させる第1処理手順と、

予め計算機上でロボット本体の機構データによりロボット機構モデルを構築し、当該ロボット機構モデルを前記機構部における位置検出手段の出力値に基づいてシミュレーション動作させて、かかるシミュレーションをコンピュータグラフィックでモニタ画面に表示させる第2処理手順とを、

同時並行処理する、

ことを特徴とするロボット制御ソフトウェアの動作試験方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ロボットを制御するソフトウェアの動作検証を安全に、しかもロボット本体を用いた動作検証系と同等な試験環境にて行うことができるようにしたロボット制御ソフトウェアの動作試験装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ロボットを制御するソフトウェアの動作試験には、従来、試験対象であるプログラムをロボット

コントローラのメモリに読み込んで、実際に制御対象であるロボット本体を作動させて行う方法、或はシミュレータを用いて制御対象であるロボット本体の機構モデルを計算機にてグラフィック表示し、これを模擬動作させて行う方法などが採用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記従来例のロボット制御ソフトウェアの動作試験方法によれば、以下の問題点がある。実際にロボット本体を作動させる前記試験方法では、内在するソフトウェアのバグによってロボット本体を異常に作動させて、ロボットアームなどに損傷が生じることがある。よって、ソフトウェアの試験段階におけるロボットの損傷を防止するために、リミットスイッチやメカニカルストップ等でロボットアームに物理的な動作限界を設けることにより対処しているが、ロボットの損傷を完全に防止できないという問題がある。

【0004】これに対して、計算機上でロボット本体の動作をシミュレーションする前記試験方法では、その段階でロボットが損傷することはないが、シミュレータのプログラムソフト自体にバグが内在する可能性もある。したがって、ロボット制御ソフトウェアのデバックを十分にできるとはいえず、実際にロボットコントローラのメモリにプログラムを組み込んでロボット本体を作動させると、ロボットアームなどが相互干渉などの異常な動作をして、ロボット本体に損傷を生じるという問題が残っている。

【0005】ここにおいて本発明の解決すべき主要な目的は、次の通りである。本発明の第1の目的は、ロボット自体に損傷を与える、ロボット制御ソフトウェアのバグによる暴走等の動作を防止して、安全にソフトウェアの動作検証ができるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置及び方法を提供せんとするものである。本発明の第2の目的は、実際にロボット自体を動作させて検証する場合と同様にソフトウェアの動作検証が正確にできるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置及び方法を提供せんとするものである。本発明のその他の目的は、明細書、図面、特に特許請求の範囲の記載から自ずと明らかとなる。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記した課題の解決は、本発明が次に列挙する新規な特徴的構成手段及び手法を採用することにより前記目的が達成される。すなわち、本発明装置の第1の特徴は、機構部と、ロボット制御ソフトウェアのプログラムに基づいて作動して制御信号を出力するロボットコントローラとを備え、前記機構部は、制御対象であるロボット本体の動作部の各モータと同様な特性のモータ群からなる駆動手段と、当該駆動手段の各モータ回転軸の回転に伴ってその回転角を表示する動作角度表示手段と、前記駆動手段のモータ毎に回転

角のデータをロボットコントローラへ出力する位置検出手段とからなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0007】本発明装置の第2の特徴は、機構部と、モニタ部と、試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムに基づいて制御信号を出力するロボットコントローラとを備え、前記機構部は、制御対象であるロボット本体の動作部の各モータと同様な特性のモータ群からなる駆動手段と、当該駆動手段の各モータ回転軸の回転に伴ってその回転角を表示する動作角度表示手段と、前記駆動手段のモータ毎に回転角のデータをロボットコントローラへ出力する位置検出手段とからなり、前記モニタ部は、予め計算機上でロボット本体の機構データによりロボット機構モデルを構築し、当該ロボット機構モデルを前記機構部における位置検出手段の出力値に対応させて、ロボット本体の位置姿勢動作をシミュレーションする処理装置と、前記処理装置の結果をグラフィック表示する姿勢表示装置とからなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0008】本発明装置の第3の特徴は、本発明装置の第2の特徴における前記モニタ部が、ロボット機構モデルによるシミュレーション動作にて、制御対象であるロボット本体のリンク間の衝突を検出する衝突検出手段と、当該衝突による障害要因及び障害の警告を表示する障害警告表示手段とを備えてなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0009】本発明装置の第4の特徴は、前記本発明装置の第2又は第3の特徴における前記モニタ部が、ロボット機構モデルによるシミュレーション動作の際、制御対象であるロボット本体の各リンクの座標データを数値表示する数値表示手段を備えてなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0010】本発明装置の第5の特徴は、前記本発明装置の第2、第3又は第4の特徴における前記モニタ部の処理装置が、前記ロボットコントローラにオンラインで接続されてなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0011】本発明装置の第6の特徴は、前記本発明装置の第2、第3、第4又は第5の特徴における前記モニタ部の姿勢表示装置が、ロボット機構モデルのグラフィックを任意の視点方向から表示する視点移動手段を有してなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0012】本発明装置の第7の特徴は、前記本発明装置の第1、第2、第3、第4、第5又は第6の特徴における前記機構部の駆動手段の各モータ軸が、モータ回転に負荷を与える慣性質量を可変調整できる負荷制御機を設けてなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0013】本発明装置の第8の特徴は、前記本発明装

置の第1、第2、第3、第4、第5、第6又は第7の特徴における前記機構部の駆動手段の各モータが、所定の間隔で同一パネル上に配置されてなるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置にある。

【0014】本発明方法の第1の特徴は、試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムをロボットコントローラのメモリに読み込ませて、ロボット本体と同様の制御特性を有する駆動手段からなる機構系を作動させ、動作角度表示手段にて駆動手段の動作角度を表示させてなるロボット制御ソフトウェアの動作試験方法にある。

【0015】本発明方法の第2の特徴は、試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムをロボットコントローラのメモリに読み込ませて、ロボット本体と同様の制御特性を有する駆動手段からなる機構系を作動させ、動作角度表示手段にて駆動手段の動作角度を表示させる第1処理手順と、予め計算機上でロボット本体の機構データによりロボット機構モデルを構築し、当該ロボット機構モデルを前記機構部における位置検出手段の出力値に基づいてシミュレーション動作させて、かかるシミュレーションをコンピュータグラフィックでモニタ画面に表示させる第2処理手順とを、同時並行処理してなるロボット制御ソフトウェアの動作試験方法にある。

【0016】

【作用】本発明は、前記のような手段及び手法を講じているので、以下の作用をなす。すなわち、本発明の主要構成の一つである機構部は、制御対象であるロボット動作部の各モータと同様な特性のモータ群からなる駆動手段を有し、動作角度表示手段にてモータの回転角が表示される。これにより、試験対象であるソフトウェアが駆動手段の各モータの動作を正常に制御しているかを目視で確認でき、ロボット本体の暴走などによる高速異常動作の1次評価が容易にできる。

【0017】また、本発明の主要構成の一つであるモニタ部は、ロボットコントローラが読み取る機構部の位置検出手段の出力値、ロボット本体のリンクパラメータ等から、ロボット本体の位置及び姿勢のソフトウェアシミュレーションを行う。これにより、ロボット本体のリンク間の干渉などの2次動作確認が容易にでき、また、ロボットアームの手先の位置姿勢データから目標軌道に対する追従性の把握が可能となる。

【0018】詳しくは、本発明装置の第3の特徴における手段を活用することによりソフトウェアのバグ取りが容易となり、同・第4の特徴によりロボット本体のリンク動作をグラフィックと数値とで視覚的に確認できるので、ソフトウェアの動作検証を容易とし、同・第5の特徴によりデバック効果等の向上を計ることが出来、ロボット本体を用いた動作検証系と同等な試験環境が実現出来、同・第6の特徴によりロボット機構モデルのグラフィック表示姿勢を任意に取ることが出来るので、ロボッ

ト本体のリンク間の衝突余裕などを容易に確認することが出来る。

【0019】さらに、同・第7の特徴における負荷制御機により、ロボット本体の静負荷に対する関節サーボゲイン調節等をシミュレーションすることが出来、同・第8の特徴により機構部の動作を一目瞭然に確認することができる。また、本発明方法の第1の特徴により、試験方法を実行してソフトウェアの動作検証をした後に、計算機上でロボット本体の動作をシミュレーションする従来の試験方法を実行すれば、従来発見が困難であったシミュレータ自体のバグでも発見が容易になる。

【0020】

【実施例】

（装置例）以下、添付図面を参照し、本発明をその装置例に基づいて、より詳細に説明する。図1は装置例の構成を示し、図2及び図3は同装置例の機構部を示している。

【0021】図中、Aはロボット制御ソフトウェアの動作試験装置、1は機構部、2はモニタ部、3はロボットコントローラ、4はエンコーダ、5はモータ、6は減速機、7は負荷制御機、8は動作角度検出器、9は動作角度表示器、10は通信装置、11は処理装置、12は姿勢表示装置、13はモータ回転軸、14は減速機出力軸、15は平面パネル、16はモータアセンブリである。

【0022】ロボット制御ソフトウェアの動作試験装置は、図1に示すように、ロボットの1次動作確認系の機構部1、ロボットの位置姿勢等の2次動作確認系のモニタ部2、及びロボットコントローラ3によって構成されている。

【0023】機構部1は、ロボットコントローラ3に対してロボット本体と同一な制御特性のモータ5及びエンコーダ4の集合体として認識される必要があるため、1動作軸の構成（図2参照）を同一の平面パネル15上に6軸分設けることとした（図3参照）。

【0024】1動作軸の構成例としては、図2に示すように、平面パネル15の裏面にモータ5及びエンコーダ4を一体に結合した構造のモータアセンブリ16が固定され、モータアセンブリ16から平面パネル15の表面に向けて突出させたモータ回転軸13には減速器6及び負荷制御機7が取り付けられている。そして、減速器6から平面パネル15の表面側に突出させた減速器6の出力軸14には動作角度検出器8の指針が取り付けられ、かかる指針の目盛りには動作角度表示器9の角度表示板が設けられている。

【0025】モータ5は、機構部1の駆動手段を構成し、制御対象であるロボット本体の動作部のモータと同様な機械・電気特性を有する。エンコーダ4は、モータ5の回転角のデータをロボットコントローラ3へ出力する位置検出手段として機能する。

【0026】減速器6は、ウォームホイール、ハーモニックドライブ等から構成され、モータ5の速度を調整する動作速度調整手段として機能する。かかる減速器6によりロボット本体の動作速度に合わせたシミュレーションが可能となる。負荷制御機7は、モータ5に一定に与える慣性質量を調整でき、ロボット本体の静負荷に対する関節サーボゲイン調節等をシミュレーションする働きをする。

【0027】動作角度検出器8及び動作角度表示器9は、モータ5の回転軸の回転に伴ってその回転角を表示する動作角度表示手段として機能する。これにより各モータ5が正常に動作しているか否かを目視により容易に確認することができる。なお、本装置例の動作角度表示手段では、減速器6の出力軸14を回転軸として作動する指針の動作角度検出器8と、角度表示板の動作角度表示器9とによりアナログ表示する構成にしたが、これに本発明を限定するものではなく、デジタル表示する構成にしてもよい。

【0028】モニタ部2は、処理装置11、姿勢表示装置12、通信装置10とからなる。処理装置11は、予め計算機上でロボット本体の機構データによりロボット機構モデルを構築し、ロボット機構モデルをエンコーダ4の出力値に対応させて、ロボット本体の位置姿勢動作のシミュレーションを行う働きをする。

【0029】姿勢表示装置12は、処理装置11の結果をグラフィック表示する働きをするモニタ画面と、ロボットアームのリンク間の干渉チェック等が簡易にしかも正確にできる操作機能とを備えている。通信装置10は、ロボットコントローラ3を介して読み込んだエンコーダ4の出力値を処理装置11に送出する働きをする。

【0030】また、図を省略したが、モニタ部2には、ロボット機構モデルによるシミュレーション動作にて、制御対象であるロボット本体のリンク間の衝突を検出する衝突検出手段と、当該衝突による障害要因及び障害の警告を表示する障害警告表示手段とを備えている。これらにより、重大なソフトウェアのバグが容易に発見でき、デバックが効率的に行えるようになる。

【0031】ロボットコントローラ3は、試験対象であるロボット制御のソフトウェアをメモリに読み込んで作動し、機構部1及びモニタ部2に制御信号を出力するとともに、シミュレーションに必要なデータを送受する。

【0032】本装置例では、処理装置11がロボットコントローラ3にオフラインで接続され、機構部1のモータ5等の動作データファイルの読み込み機能、モータ5の動作時と同一時間軸でロボット機構モデルのグラフィックを表示する機能、ロボットアームの手先の位置姿勢データを数値で表示する数値表示機能、グラフィック表示視点の設定変更を行う視点移動機能、シミュレーション動作表示の記録・再生等の操作がモニタ画面上で簡易にできる操作機能等が設けられ、マンマシンインタフェー

スの向上が図られている。

【0033】なお、モニタ部2の処理装置11には、ロボットコントローラ3にオンラインで接続するオンライン機能を追加しても良い。これにより、ロボット本体を用いた動作検証系と同等な試験環境の下で、効率的にデバックが可能となる。

【0034】以上説明した装置例では、機構部1、モニタ部2、ロボットコントローラ3を備えた構成にしたが、計算機上でロボット本体の動作をシミュレーションする従来の試験方法を併用する場合には機構部1、ロボットコントローラ3を備えた構成にしても良い。これにより、従来発見が困難であったシミュレータ自体のバグを容易に発見することが可能となる。

【0035】（方法例）次に、当該本装置例に適用する本発明の方法例を示すロボット制御ソフトウェアの動作試験方法について説明する。まず、試験対象であるロボット制御ソフトウェアのプログラムをロボットコントローラ3のメモリに読み込ませて装置Aを作動させる。かかるプログラムに基づいて、ロボットコントローラ3は、機構部1のモータ5を正確に作動させて回転軸13を回転させる。そして、動作角度検出器8及び動作角度表示器9からなる動作角度表示手段にて、モータ5の回転角の値が表示され、これを視認することにより、ロボット本体の暴走等による高速異常動作の1次動作確認を行う（第1処理手順）。

【0036】次にモニタ部2にて、ロボット動作のシミュレーションを行う。これは、処理装置11の計算機上で、予めロボット本体の機構データによりロボット機構モデルをグラフィックで構築し、機構部1のエンコーダ4の出力値に基づいてロボット機構モデルをシミュレーション動作させる。そして、かかるシミュレーション動作にて、ロボット本体のリンク間の衝突や衝突余裕などの2次動作を確認にする（第2処理手順）。なお、モニタ部2では、ロボットアームの手先の位置姿勢データから目標軌道に対する追従性をも確認することができる。前記第1処理手順と当該第2処理手順は同時並行処理して実行される。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明の装置及び方法によれば、ロボット本体の駆動手段以外はソフトウェア上でシミュレーションするので、ロボット制御のソフトウェア開発においてデバック時の暴走等によるロボット障害要因に対して安全なソフトウェア動作検証を実現できるという効果を奏する。また、実際にロボット自体を動作させて検証する場合と同様にソフトウェアの動作検証が正確にできるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の装置例であるロボット制御ソフトウェアの動作試験装置の構成を示すブロック図である。

【図2】同装置の機構部の構成を示す一部側面図であ

る。

【図3】同装置の機構部の構成を示す正面図である。

【符号の説明】

- 1…機構部
- 2…モニタ部
- 3…ロボットコントローラ
- 4…エンコーダ
- 5…モータ
- 6…減速器
- 7…負荷制御機

8…動作角度検出器

9…動作角度表示器

10…通信装置

11…処理装置

12…姿勢表示装置

13…モータ回転軸

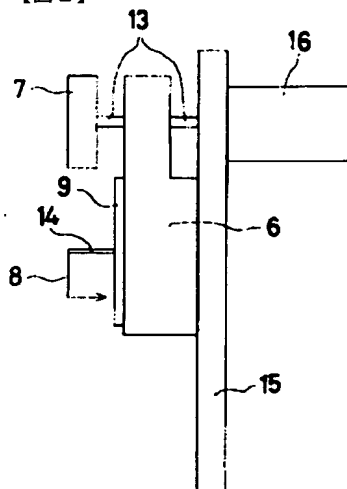
14…減速器出力軸

15…平面パネル

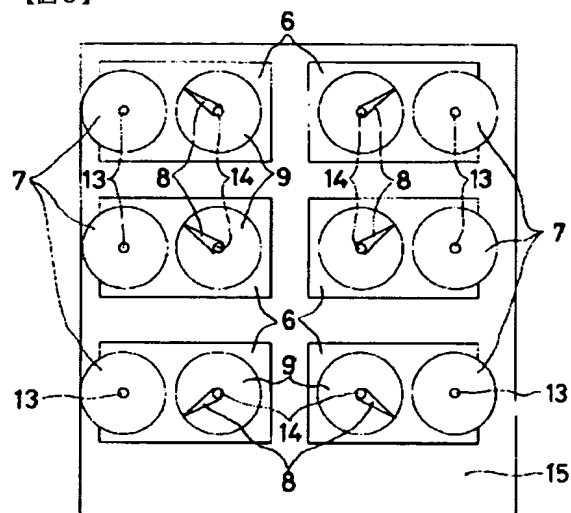
16…モータアセンブリ

A…ロボット制御ソフトウェアの動作試験装置

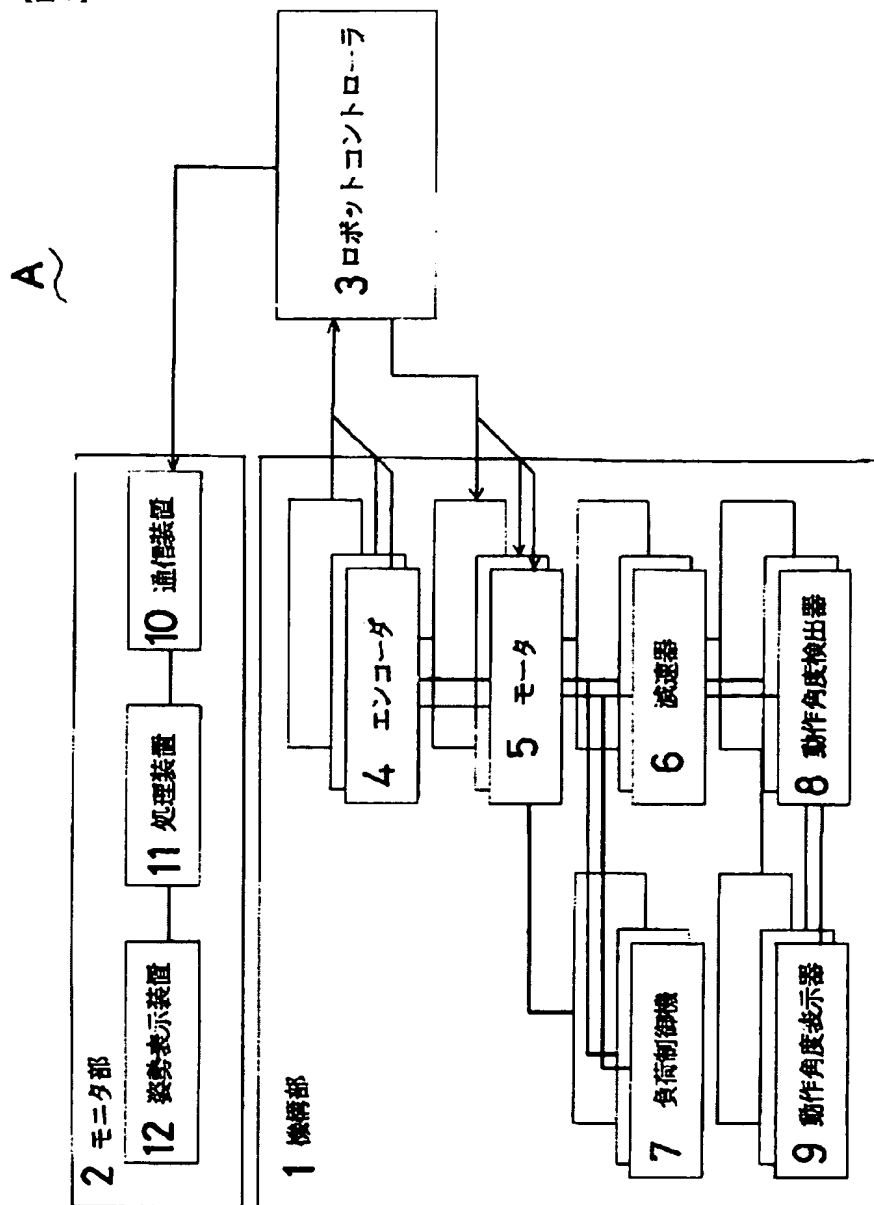
【図2】



【図3】



【図1】



フロントページの続き

(72) 発明者 三ッ矢 英司
 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
 本電信電話株式会社内